

**ZUR TRANSKUTANEN BESTIMMUNG DES
ARTERIELLEN SAUERSTOFFPARTIALDRUCKES
VON RISIKONEUGEBORENEN**

Eva Hannes

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553812_0045

AUS DER KINDERKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. med. K. Betke

ZUR TRANSKUTANEN BESTIMMUNG DES ARTERIELLEN
SAUERSTOFFPARTIALDRUCKES VON RISIKONEUGEBORENEN.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
vorgelegt einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu München

von
Eva Hannes
aus München

München 1975

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Dekan:	Prof.Dr.med. Spann
Berichterstatter:	Prof.Dr.med. Riegel
Mitberichterstatter:	Prof.Dr.med. Betke

Tag der mündlichen Prüfung: 22.6.76



<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
I. Einleitung	4
II. Methodik	6
1. Transkutane pO_2 -Messung	6
1.1 Elektrode und Gerät	6
1.2 Vorgehen	8
2. Blutige arterielle Messung	9
3. Bestimmung des Rechts-Links-Shunt	10
III. Untersuchte Kinder	11
IV. Ergebnisse	12
1. Beziehung zwischen arteriellem und transkutanem Sauerstoffpartialdruck	12
2. Einfluß von Geburtsgewicht und Alter	13
3. Einfluß des Elektrodenalters	16
4. Einfluß des Schreiens auf den transkutanen pO_2	17
V. Diskussion	21
VI. Anwendbarkeit der Methode	23
1. Nachteile	23
2. Vorteile	25
VII. Zusammenfassung	26
VIII. Literatur	28
IX. Anhang	31
Tabellen	32
Lebenslauf	37

I. Einleitung

Als wichtige Voraussetzung jeder Sauerstofftherapie von Neugeborenen gilt die Überwachung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks (pO_2) zur Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen, die infolge falscher Sauerstoffdosierung auftreten können.

Neue Methoden der Überwachung des arteriellen pO_2 , die den Patienten weniger beeinträchtigen als Nabelarterienkatheterismus, bzw. Funktion einer peripheren Arterie, stellen eine wesentliche Bereicherung dar.

Neben der Tatsache, daß die arterielle Blutentnahme bei Neugeborenen mühsam und nicht ohne Risiko ist, erlaubt sie Rückschlüsse nur auf den jeweiligen Zustand während der Entnahme. Dagegen wäre eine fortlaufende Messung vorzuziehen, die pathologische Veränderungen und toxische Sauerstoffpartialdrucke sofort erkennen ließe.

Die transkutane pO_2 -Messung, an deren Entwicklung schon seit längerem gearbeitet wird, scheint dem Ziel einer risikoarmen, kontinuierlichen pO_2 -Überwachung nahe zu kommen (Baumberger et al. 1951)(2), (Evans et al. 1967)(7), (Huch et al. 1969)(10).

In jüngster Zeit wurde die Methode noch weiter fortentwickelt (Huch et al. 1972)(11) (Eberhard et al. 1973)(5), (Huch et al. 1974)(13).

Über einige Anwendungsgebiete der transkutanen pO_2 -Meßmethode liegen bereits Untersuchungen vor (Indyk 1975)(14), (Rooth 1975)(20).

Bei Erwachsenen und Kindern, sowie bei gesunden Neugeborenen wurde eine gute Übereinstimmung zwischen blutig arteriell und transkutan gemessenem pO_2 gefunden (Huch et al. 1972)(11), (Huch et al. 1973)(12), (Huch et al. 1974)(13), (Eberhard et al. 1973)(5).

An kranken Neugeborenen hingegen wurden nur wenige Untersuchungen durchgeführt (Fenner et al. 1975)(8), (Indyk und James 1975)(15), (Emmrich et al. 1974)(6).

Somit erhebt sich die Frage, ob auch dann mit einer guten Übereinstimmung zwischen blutig arteriell und transkutan gemessenem pO_2 gerechnet werden kann, wenn es sich bei den Patienten um Risikoneugeborene handelt, bei denen inspiratorische Hyperoxie und damit die Überwachung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks tatsächlich notwendig werden kann.

Unter dieser Fragestellung erprobten wir den Oxygen Monitor 5300 von Bioelectronics Basel. Vor kurzem hatten wir auch die Gelegenheit, einige Parallelmessungen mit dem System von Huch, Lübbers und Huch aus Marburg durchzuführen, das uns Herr Höpner aus der Kinderchirurgischen Klinik zur Verfügung stellte.

II. Methode

1. Transkutane pO_2 -Messung

1.1 Elektrode und Gerät

Zur Verfügung stand ein Seriengerät des Oxygen Monitor 5300 (Roche).

Das Prinzip der hier angewendeten Methode der pO_2 -Messung nach Clark (1956) basiert auf der elektrochemischen Sauerstoffreduktion an einer mit einer sauerstoffdurchlässigen, wasserabstoßenden Membran überzogenen Edelmetallelektrode.

Die in unserem Fall aus Gold bestehende Elektrode ist mit einem Potentialunterschied von 900 mV gegen eine Ag/AgCl-Gegenelektrode gepolt. Der zwischen beiden Elektroden gemessene Strom ist dem pO_2 des angrenzenden Mediums proportional, vorausgesetzt, daß die Geschwindigkeit des Sauerstofftransportes an die Kathode durch eine Sauerstoffdiffusion über die Membran limitiert wird (Eberhard et al. 1973)(5).

Im Gegensatz zur herkömmlichen Elektrode nach Clark, bei der der Kathodendurchmesser möglichst klein gehalten wird, hat die Kutanelektrode einen Durchmesser von 3 mm. Dadurch kann ein durchschnittlicher pO_2 -Wert über einem relativ großen Hautareal erhalten werden.

Benutzt wird eine Mylar-Membran (Polyterephthalat) von 6 μ Dicke und niedriger Sauerstoffpermeabilität.

Der Permeabilitätskoeffizient dieses Materials für Sauerstoff bei 42°C beträgt $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ sec atm}$ pro Milliliter Sauerstoff. Ein Nachteil schwach durchlässiger Membranen besteht in der langen Reaktionsdauer der Elektrode.

Die Goldkathode ist von einer Ag/AgCl-Gegenelektrode umgeben. Als Elektrolyt dient eine gepufferte, hygroskope Lösung. Die Membran wird durch einen Ring gehalten, dessen Form so gewählt wurde, daß kein Sauerstoff aus der umgebenden Luft an die Kathode dringen kann.

Im Inneren der Elektrode befindet sich ein Heizelement, bestehend aus einem Spulenwiderstand und einem Thermostaten zur Kontrolle der Heiztemperatur.

Der endgültige Durchmesser der gesamten Elektrode einschließlich des Ringdeckels beträgt 14 mm und hat eine Dicke von 3 mm.

Mit einem weiteren Gerät der transkutanen pO_2 -Messung, das derzeit noch in Erprobung ist und auf dem gleichen Prinzip beruht (Huch, Lübbers und Huch, Marburg), konnten noch einige Messungen durchgeführt werden. Es erfolgte jedoch keine regelrechte klinische Prüfung des Gerätes. Die gewonnenen Werte sollen nur zur Illustration dienen.

1.2 Vorgehen

Die Elektrode wurde miteinem doppelseitig klebenden Plastikring, wie er bei Ekg-Elektroden Verwendung findet, auf der Haut des Neugeborenen befestigt. Durch diese Methode wird der Druck der Elektrode besonders niedrig gehalten und verursacht somit keine Kompression der unterliegenden Blutgefäße.

Als Meßposition wählten wir den oberen Thorax im subclaviculären Bereich.

Alle zwei bis drei Tage wurden die Elektrolytlösungen und die Membran der Elektrode ausgewechselt. Die Elektrode wurde jeden Tag vor Beginn der Messungen in reinem Stickstoff und anschließend in 15% Sauerstoff unter Berücksichtigung des Barometerdrucks und der Temperatur geeicht.

Nach Anbringen der Elektrode auf der Haut erreicht der Strom innerhalb von 5-10 Minuten einen gleichbleibenden Wert. Diese Zeit ist nötig, um durch Hitzestimulation eine Mehrdurchblutung des Gewebes zu erreichen.

Die Stabilität der Sauerstoffelektrode wurde insgesamt sechs mal durch Wiederholung der Eichung in Stickstoff und Sauerstoff nach 20-24 Stunden überprüft. Im Durchschnitt hatte sich die Stickstoffeichung um +10%, die des Sauerstoffs um -2% verschoben.

Die Temperatur der Elektrode wurde während aller Messungen bei 42°C gehalten. Sie wurde von den Kindern bis auf einen Fall, wo sich unter der Elektrode eine Blase auf der Haut gebildet hatte, über mehrere Stunden hinweg gut toleriert (Messdauer bis zu 24 Stunden). Meist hinterließ die Elektrode eine geringfügige Rötung auf der Haut, die sich jedoch schnell zurückbildete.

2. Blutige arterielle Messung

Für die vergleichenden Messungen des arteriellen pO_2 wurde Blut anaerob aus der a.radialis, bzw. temporalis in heparinisierte Glasspritzen aufgezogen. Bei einem Patienten wurden gleichzeitig über Nabelarterienkatheter arterielle Blutproben gewonnen. (Punktionen durch Prof. Dr. A. Riegel., bzw. Dr. H. Versmold)

Das entnommene Blut wurde sofort im pH/gas-Analyzer der Instrumentation Laboratory INC Modell 113-S1 bei 37°C analysiert.

In diesem Meßinstrument erfolgt die pO_2 -Bestimmung mit einer Platinelektrode, die pH-Messung mit einer Glaskapillare. Vor jedem Versuch wurde die pO_2 -Elektrode mit zwei Gasen verschiedener Sauerstoffkonzentrationen (geliefert von Gasmischpumpen der Fa. Wösthoff) geeicht und vor jeder Messung ein Eichpunkt überprüft.

Die Proben wurden anaerob in die Kammer gebracht und analysiert. Das Ergebnis wurde mit einem Blut-Gas-Faktor von 1,054 (Mittelwert wiederholter Kontrollen) korrigiert.

Die pH-Elektrode wurde eingangs mit Standardpuffern (pH 6,84 und 7,384) geeicht und vor jeder Messung mit einem Puffer (pH 7,384) kontrolliert.

Bei der Wiederholung der pO_2 -Messung ließ man eine Abweichung von $\pm 1,5$ Torr zu, beim pH-Wert eine von 0,01 Einheiten; andernfalls wurden weitere Analysen durchgeführt.

Die Sauerstoffanalysen wurden freundlicherweise von Frau Ch. Heinze durchgeführt.

3. Bestimmung des Rechts-Links-Shunts

Die Bestimmung des Rechts-Links-Kurzschlusses erfolgte aus den arteriellen Blutgasen und der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration im Hyperoxietest mithilfe eines Nomogramms (Riegel 1974)(17).

Die Kinder atmen dabei bis zur Funktion über eine Haube zehn Minuten lang $O_2 > 80\%$. Bei diesem Vorgehen werden andere Mechanismen, die die alveolär-arterielle Sauerstoff-Druckdifferenz beeinflussen, wie Verteilungs- und Diffusionsstörungen, eliminiert.

Das Nomogramm basiert auf der Berggren'schen Shuntformel (Berggren 1942)(21)

III. Untersuchte Kinder

Mit dem Oxygen Monitor 5300 (Roche) wurden Simultanmessungen an insgesamt zwölf Neugeborenen durchgeführt, von denen elf Zeichen der Unreife zeigten, die in drei Fällen mit primärer Ateminsuffizienz gekoppelt war.

Ein Kind war zum Termin geboren, litt jedoch an primärer Ateminsuffizienz.

Die klinischen Daten der Kinder sind in Tabelle I zusammengefaßt.

An jedem Kind wurden eine bis sieben Simultanmessungen vorgenommen, und zwar in Abständen von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen. Die Kinder blieben nie länger als vierundzwanzig Stunden an das Oxymeter angeschlossen.

Mit dem Marburger Gerät wurden an vier Risiko-neugeborenen Messungen durchgeführt, die lediglich zur Illustration bei den Abbildungen mitgezeigt werden.

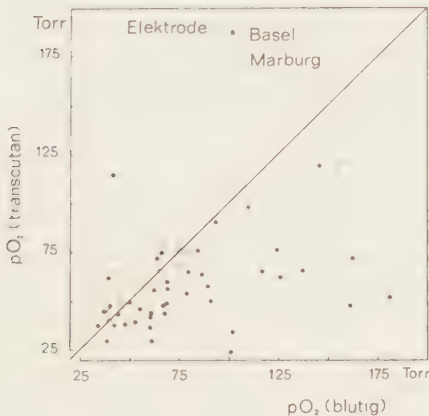
IV. Ergebnisse

1. Beziehung zwischen arteriellem und transkutanem pO_2

In fünfundfünfzig Messungen wurden Vergleiche zwischen dem arteriellen pO_2 in der arteria radialis, bzw. der arteria temporalis und den durch die Hautelektrode erhaltenen Werten gezogen.

Die Ergebnisse aller Messungen sind in Abbildung 1 zusammengefaßt. Der arteriell bestimmte Wert des Sauerstoffpartialdrucks wurde gegen den durch die Haut gemessenen pO_2 -Wert aufgetragen.

Abb.1: Vergleich zwischen transkutan und blutig arteriell (A.radialis) gemessenem pO_2 bei Risikoneugeborenen, mit 45° Identitätslinie.



Aus Abbildung 1 geht hervor, daß die Meßwerte eine breite Streuung aufweisen. Bis zu einem pO_2 von 100 Torr läßt sich jedoch eine lineare Beziehung erkennen. Mit zunehmendem pO_2 liegen die mit der Elektrode des Oxygen Monitors 5300 transkutan gemessenen Werte unterhalb der 45° -Identitätslinie.

Ein transkutan zu hoher Wert ergibt sich, wenn die Elektrode der Haut nicht dicht anliegt.

Zum Vergleich sind noch einige Meßwerte der Marburger Elektrode aufgetragen; im hyperoxischen Bereich liegt nur ein Meßwert vor. Es findet sich mit dieser Elektrode eine straffe Korrelation zwischen transkutanem und blutig arteriellem pO_2 .

2. Einfluß von Geburtsgewicht und Alter

Die graphische Aufschlüsselung nach Alter und Gewicht (Abbildungen 2 und 3) der untersuchten Kinder läßt keine sicheren Rückschlüsse auf bessere Anwendbarkeit der Methode bei unterschiedlichen Alters- bzw. Gewichtsklassen zu.

Die Meßwerte weisen bei den Neugeborenen mit einem Gewicht über 2000 Gramm bzw. mit einem Alter von über drei Tagen eine ebenso große Streuung auf wie solche unter 2000 Gramm oder weniger als drei Tagen.

Abb. 2: Einfluß des Geburtsgewichts auf die transkutane pO_2 -Bestimmung.

▲ Kinder mit mehr als 2000 Gramm Geburtsgewicht

■ Kinder mit weniger als 2000 Gramm Geburtsgewicht

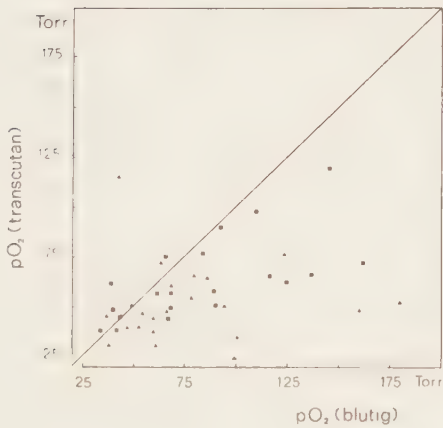
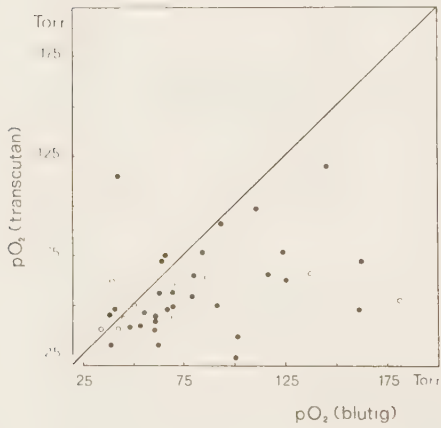


Abb. 3: Einfluß des Lebensalters auf die transkutane pO_2 -Bestimmung.

○ Kinder über drei Tage alt

● Kinder weniger als drei Tage alt



3. Einfluß des Elektrodenalters

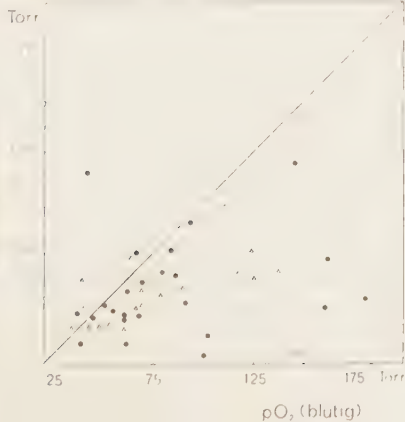
Da das Aufziehen und die Eichung der Elektrode sehr zeitaufwendig sind, wurde versucht herauszufinden, wie lange die Elektrode funktionstüchtig bleibt.

Abbildung 4 zeigt die transkutanen und arteriellen pO_2 -Werte für zwei Kollektive: Elektrode bis sechsunddreißig Stunden, Elektrode über sechsunddreißig Stunden unverändert bespannt.

Aus dem Bild geht hervor, daß bei Werten über 100 Torr der transkutane pO_2 falsch zu niedrig angezeigt wird, gleichgültig ob die Elektrode länger oder kürzer in situ belassen wurde. Bei mehrfach wiederholter Eichung betrug die Abweichung über zwölf Stunden etwa 10%. Das bedeutet, daß man, wenn arteriell "nachjustiert" wurde, relativ zuverlässig die Oxygenation verfolgen kann.

Abb. 4: Einfluß des Elektrodenalters auf die transkutane pO_2 -bestimmung.

- △ Elektrode länger als 36 Stunden bespannt
- Elektrode weniger als 36 Stunden bespannt



4. Einfluß des Schreiens auf den transkutanen pO_2

Bei der arteriellen Blutabnahme unter Oxymeterkontrolle ließen sich die interessantesten Befunde erheben, die besonders deutlich zeigen, welche zusätzlichen Informationen eine kontinuierliche pO_2 -Messung bringen kann, wenn sie arteriell "geeicht" wurde.

Im Verlauf der transkutanen kontinuierlichen pO_2 -Messung bei Neugeborenen mit gestörter cardio-respiratorischer Adaptation zeigte sich nämlich, daß pO_2 -Werte, die durch Arterienpunktion gewonnen worden waren, sich keineswegs immer als repräsentativ für den in Ruhe vorliegenden pO_2 erwiesen.

Der transkutan gemessene pO_2 änderte sich beim Schreien, also auch im Verlauf der Punktion einer peripheren Arterie.

Bei sechszundvierzig Messungen an Risikoneugeborenen fiel der pO_2 beim Schreien in vierunddreißig Fällen ab, in zwölf Fällen stieg er an. In Ruhe kehrten die pO_2 -Werte dann wieder zum Ausgangswert zurück.

Diese Schwankungen waren nicht durch veränderte Hautdurchblutung bedingt, sondern fanden sich in gleicher Weise beim aortalen pO_2 , der parallel über einen Nabelarterienkatheter registriert wurde.

Die pO_2 -Änderungen erfolgten unabhängig vom ursprünglichen pO_2 -Niveau bei der Arterienpunktion und dem dadurch ausgelösten Schreien. (Abb.5)

Abb. 5: Änderungen des transkutanen pO_2 beim Schreien. Die untersuchten Risikoneugeborenen hatten vorwiegend eine erhöhte inspiratorische Sauerstoffkonzentration.

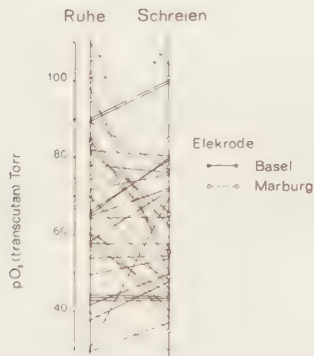


Abbildung 6 zeigt, daß besagte pO_2 -Änderungen beim Schreien vom Rechts-Links-Shunt des Patienten abhängen. Auf der x-Achse ist der gemessene Rechts-Links-Shunt, d.h. die venöse Beimischung im arteriellen Blut, aufgetragen, die y-Achse zeigt die Änderung des Rechts-Links-Shunt bei der Arterienpunktion:

Werte unterhalb der Null-Linie bezeichnen eine Abnahme des Shunt, darüberliegende Werte bedeuten Zunahme des Shunt.

Es besteht eine signifikante positive Korrelation zwischen der Größe des Shunt und den Änderungen des Shunt beim Schreien:

$$\Delta R-L-Shunt = 0,51 \text{ R-L-Shunt} - 9,55; (n=41; p < 0,01)$$

Die Änderung des Shunt wurde über die transkutan gemessenen pO_2 -Werte berechnet.

Aus Abbildung 6 geht also hervor, daß sich der Rechts-Links-Shunt eines Neugeborenen beim Schreien ändert. Je größer primär der kurzschluß ist, desto mehr nimmt er beim Schreien zu. Ist der kurzschluß nur klein, also unter 20% wie beim gesunden Neugeborenen, dann nimmt er beim Schreien ab.

(Bartels et al. 1972)(1).

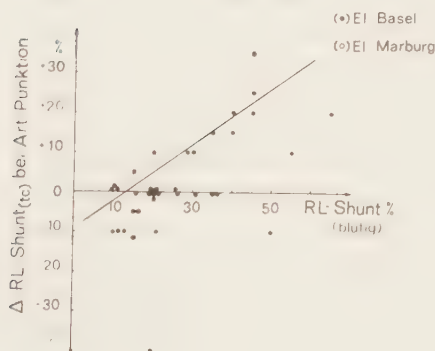
Demnach sind bei einer Arterienpunktion bei grossem Rechts-Links-Shunt falsch zu tiefe pO_2 -Werte zu erwarten, bei kleinem Rechts-Links-Shunt entsprechend falsch zu hohe pO_2 -Werte.

Bei der Beurteilung von arteriellen pO_2 -Werten, die durch Punktion gewonnen wurden, sollte diese Tatsache berücksichtigt werden.

Erforderlich ist dazu nur die Kenntnis des Rechts-Links-Shunt, der aus arteriellen Blutgasen und inspiratorischer Sauerstoffkonzentration einfach zu berechnen ist (Riegel 1974)(17).

Die Kenntnis des Rechts-Links-Shunt bedeutet zudem eine wesentliche zusätzliche Information über den Zustand der kardiorespiratorischen Adaptation eines Neugeborenen.

Abb.6: Abhängigkeit der Änderung des Rechts-Links-Shunt beim Schreien von der Größe des blutig gemessenen Rechts-Links-Shunt. Die Änderungen des Rechts-Links-Shunt beim Schreien wurden über den transkutanen pO_2 berechnet.



V. Diskussion

Die Parallelmessungen von blutig arteriellem und transkutanem pO_2 zeigen auch beim Neugeborenen mit gestörter kardiorespiratorischer Adaptation eine brauchbare Übereinstimmung im normoxämischen und hypoxämischen Bereich.

In Hyperoxämie, d.h. bei einem blutig arteriellen pO_2 über 100 Torr, fanden wir mit dem Oxygen Monitor 5300 (Bioelectronics) in dreiundachzig Prozent der Messungen falsch normale transkutane pO_2 -Werte. Eine Hyperoxämie konnte also bei den untersuchten Risikoneugeborenen mit diesem Gerät nicht zuverlässig erfaßt werden (Soutter und Parker 1975)(19).

Die Abweichungen des transkutanen pO_2 vom arteriellen pO_2 in Hyperoxämie spiegeln das wider, was von der Beziehung zwischen kapillärem und arteriellem pO_2 des Neugeborenen bereits bekannt ist (Duc und Cumarasamy, 1974)(4), (Koch und Wendel 1967)(16).

Damit erhebt sich die Frage:

Ist die geäußerte Diskrepanz bedingt durch eine im hyperoxämischen Bereich nicht mehr zuverlässige pO_2 -Messung mit dem Oxygen Monitor 5300, oder ergibt die transkutane pO_2 -Messung zwar richtige, aber dem kapillären und nicht dem systemarteriellen pO_2 entsprechende Werte?

Als Ursache für größere Wertabweichungen kommen mehrere Faktoren in Frage.

Als erstes mag der Zustand der Hautelektrode die Messungen stark beeinflussen. Dabei dürfte weniger das Alter der Elektrode eine Rolle spielen als vielmehr die Dicke und Homogenität der Elektrolytlösung, die Dichtigkeit und Straffheit der Membran und der Zustand der Ag/AgCl-Gegenelektrode. Da sich letztere kaum vollständig von dem sich rasch bildenden Belag befreien läßt, fällt dieser Punkt vielleicht auch schwerer ins Gewicht.

Weitere Gründe für extreme Abweichungen können mangelhafter Hautkontakt der Elektrode, ungenaue Eichung des Oxymeters oder auch des verwendeten Blutgas-Analyzers, sowie Luftkontakt des abgenommenen Blutes sein.

Folgender Gesichtspunkt ist ebenfalls zu berücksichtigen:

Das lokale Erhitzen der Haut bedingt eine Temperaturerhöhung in der äußeren Kapillarschicht und somit eine Rechtsverschiebung der Sauerstoff-Bindungskurve (Indyk und James, 1975)(15).

Dieser Effekt ist besonders deutlich bei subtotaler Sauerstoffsättigung im Bereich zwischen 80 und 150 Torr, wo die transkutanen pO_2 -Änderungen am größten sind.

Diese Tatsache mag teilweise für die beobachteten Abweichungen des transkutanen pO_2 vom arteriell bestimmten verantwortlich sein.

Eine weitere Erklärung für Abweichungen des arteriell gewonnenen pO_2 -Werts vom transkutanen findet sich im Fall von Atemnotsyndrom oder anderen kardiorespiratorischen Störungen des Neugeborenen durch das Bestehen eines Shunt über den Ductus arteriosus (Koch und Wendel 1967)(16). So kann der im aortalen Blut gemessene pO_2 niedriger sein als der transkutan bestimmte, weil die Haut des oberen Brustbereichs (wo unsere Meßelektrode angelegt wurde) mit präductalem Blut versorgt wird.

Aus den oben angeführten Erwägungen geht klar hervor, daß auf arterielle Kontrollen der transkutan gewonnenen Meßergebnisse nicht verzichtet werden kann. Mit der blutigen "Nacheichung" erhält man jedoch für viele Stunden eine für klinische Zwecke zuverlässige pO_2 -Wiedergabe.

VI. Anwendbarkeit der Methode

1. Nachteile

Ein wesentlicher Nachteil für die klinische Anwendbarkeit der transkutanen pO_2 -Messung mit dem Seriengerät Oxygen Monitor 5300 liegt in der Aufwendigkeit der Eichung, in der außerordentlichen Trägheit der Elektrode sowie in der Ungenauigkeit im Hyperoxiebereich begründet.

Die Notwendigkeit blutiger Kontrolleichungen erhöht zusätzlich den Arbeitsaufwand bei der Bereitstellung des Gerätes.

Schon allein zur täglichen Eichung der Elektrode in Stickstoff und Sauerstoff werden etwa eineinhalb Stunden benötigt. Dies ist wohl auf die Trägheit der Elektrode zurückzuführen. Eine Nabelarterienkatheterisation würde dagegen weniger Zeit in Anspruch nehmen, wenngleich risikoreicher sein.

Die sorgfältigste Präparation der Elektrode verhindert nicht, daß die Elektrolytschicht in unterschiedlicher Dicke aufgetragen wird und eventuell mikroskopisch kleine Luftbläschen einschließt, was zur Verfälschung der Meßergebnisse führen kann.

Da jede frisch bezogene Elektrode bis zu vier Stunden zur Stabilisation benötigt, kann das Gerät nur bei genauer Vorplanung rationell eingesetzt werden, was im klinischen Routinebetrieb oft nicht möglich ist.

Als störend erweist sich auch die Tatsache, daß die Ag/AgCl-Elektrode mit dem empfohlenen Lösungsmittel nicht innerhalb weniger Minuten zu reinigen ist und nach wenigen Wochen fast vollständig von schwarzem Belag überzogen ist, was einer Abnutzung der Elektrode gleichkommt.

Bedenkt man noch die Störanfälligkeit der Elektrode bei ungleich dicker, bzw. zu dünner Elektrolytschicht, bei nicht völlig faltenfreier Membran oder bei minimal unterbrochenem Hautkontakt, so kommt man zu dem Schluß, daß die transkutane pO_2 -Meßmethode die blutig arterielle Messung nicht ersetzen darf.

Alle diese Nachteile gelten nicht oder in wesentlich geringerem Ausmaß für die von Huch et al. entwickelte Einheit. Dazu liegen inzwischen mehrere Berichte vor (Huch et al.1973)(12),(Huch et al.1974)(13).

2. Vorteile

Als wesentlicher Vorteil der transkutanen Meßmethode kann die Möglichkeit der kontinuierlichen Beobachtung des jeweiligen ungefähren Oxygenationszustandes des Neugeborenen gewertet werden.

Da es das Ziel der Sauerstofftherapie bei Risikoneugeborenen ist, den Sauerstoffpartialdruck in der Inspirationsluft auf einem, dem wechselnden Zustand des Kindes angepaßten Niveau zu halten, vermag die transkutane pO_2 -Messung bei der Verlaufskontrolle eine zusätzliche Hilfe darzustellen. Sie ermöglicht, sofort relative Veränderungen des Sauerstoffpartialdruckes in der Peripherie festzustellen und kann somit den Anstoß zur genaueren Kontrolle mittels blutiger arterieller Messung geben.

Da sich bei der arteriellen Blutabnahme unter Oxymeterkontrolle zeigte, daß das durch die Punktion ausgelöste Schreien der Neugeborenen eine pO_2 -Änderung bewirkt, sollte dieser Tatbestand bei der Bewertung blutig arterieller pO_2 -Werte berücksichtigt werden.

Somit könnte die blutig arterielle Messung durch die simultane transkutane pO_2 -Verlaufskontrolle sicherer werden.

Der Vorteil der ständigen Beobachtungsmöglichkeit des pO_2 von Risikoneugeborenen durch den Oxygen Monitor 5300 kann jedoch nicht die blutig arterielle pO_2 -Bestimmung ersetzen, auf die zur Kontrolle nicht verzichtet werden darf.

VII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Anwendbarkeit der transkutanen pO_2 -Messung mit dem Seriengerät Oxygen Monitor 5300 (Roche) bei Risikoneugeborenen untersucht.

An zwölf Neugeborenen wurde durch eine der Haut im oberen Thoraxbereich aufgesetzten, geheizten Sauerstoffelektrode ein Hautareal über einige Zeit hinweg hyperämisiert und der pO_2 kontinuierlich registriert.

An jedem Kind wurden in unterschiedlichen zeitlichen Abständen mehrere blutig-arterielle Simultanmessungen vorgenommen und deren Ergebnisse mit den transkutan bestimmten pO_2 -Werten verglichen.

Die fünfundsünfzig Vergleichsmessungen zeigten eine lineare Beziehung nur bis zu einem pO_2 von 100 Torr. Bei höherem pO_2 lagen die transkutan gemessenen Werte unterhalb der 45°-Identitätslinie.

Ein Einfluß von Geburtsgewicht und Alter der Neugeborenen auf die Meßgenauigkeit der transkutanen Methode ließ sich nicht ermitteln. Dagegen zeigten die Elektroden, die länger als vierundzwanzig Stunden bespannt waren, bei Werten über 100 Torr falsch zu niedrige Werte an.

Als interessanter Nebentbefund der kontinuierlichen transkutanen pO_2 -Messung fanden sich im Augenblick der Arterienpunktion und dem dadurch ausgelösten Schreien des Neugeborenen erhebliche Änderungen des pO_2 . Es zeigte sich, daß diese von der Größe des Rechts-Links-Kurzschlusses des Patienten abhängen, und zwar bestand eine signifikante positive Korrelation zwischen der Größe des Shunt und dessen Änderungen beim Schreien.

Nach Abwägung der Vorteile (unblutige, kontinuierliche Messung) der transkutanen pO_2 -Messung mit dem Oxygen Monitor 5300 und ihrer Nachteile (Aufwendigkeit der Eichung, Trägheit der Elektrode) läßt sich abschließend folgendes zur Anwendbarkeit der Methode bei Risikoneugeborenen sagen: Die transkutane kontinuierliche pO_2 -Registrierung ergibt über Stunden wichtige zusätzliche Informationen zur blutigen arteriellen pO_2 -Messung. Beim anpassungsgestörten Neugeborenen kann sie die blutige arterielle pO_2 -Messung jedoch nicht völlig ersetzen und somit auch nicht die alleinige Überwachungsmethode des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes sein. Für die klinische Routine müssen empfindlichere und gleichzeitig stabilere Elektroden entwickelt werden. Wie es scheint, erfüllt das von Huch et al. konzipierte Gerät diese Forderung.

VII. Literatur

1. BARTELS, H., RIEGEL, K., WENNER, J., WULF, H.:
Perinatale Atmung. Berlin, Heidelberg, New York.
Springer-Verlag, 1972.
2. BAUMBERGER, J.P. and GOODFRIEND, R.B.: Determina-
tion of arterial oxygen tension in man by equili-
bration through intact skin. Federation Proc. 10,
10-11 (1951).
3. BRADLEY, A.F., STUFFEL, M., SEVERINGHAUS, J.W.: Effect
of temperature on pO_2 and pCO_2 of blood in vitro. J.
Appl. Physiol. 9:201 (1956).
4. DUC, G.V., CUMARASAMY, N.: Digital arteriolar oxygen
tension as a guide to oxygen therapy of the newborn.
Biol. neonat. 24:134 (1974).
5. EBERHARD, P., HAMMACHER, K., MINDT, W.: Methode zur
kutanen Messung des Sauerstoffpartialdrucks.
Biomed. Technik 18:216 (1973).
6. EMMRICH, P., STECHLE, U., HUCH, R., HUCH, A.: Einflüs-
serschiedener Parameter auf den transkutan regi-
strierten Sauerstoffpartialdruck bei dauerbeatmeten
Früh-, Neugeborenen und jüngeren Säuglingen. Read
before the 7th Deutscher Kongress für Perinatale
Medizin, Berlin 1974.
7. EVANS, N.T.S. and NAYLOR, P.F.D.: The systemic oxy-
gen supply to the surface of human skin.
Respir. Physiol. 2, 21-37 (1967).

8. FENNER,A., MÜLLER,R., BUSSE,H.G., JUNGE,M., WOLFS DORF,J.: Transcutaneous determination of arterial oxygen tension.
Pediatrics 55:224 (1975).
9. GLEICHMANN,U., LÜBBERS,D.W.: Die Messung des Sauerstoffdrucks in Gasen und Flüssigkeiten mit der Platinelektrode unter besonderer Berücksichtigung der Messung im Blut.
Pfluegers Arch.271:431 (1960)
10. HUCH,A., HUCH,R., LÜBBERS,D.W.: Quantitative polarographische Sauerstoffdruckmessung auf der Kopfhaut des Neugeborenen.
Arch.Gynaekol.207:443 (1969).
11. HUCH,R., LÜBBERS,D.W., HUCH,A.: Quantitative continuous measurement of partial oxygen pressure on the skin of adults and newborn babies.
Pflügers Arch.für die Gesamte Physiol. 337,185 (1972).
12. HUCH,A., HUCH,R., ARNER,B., ROTH,G.: Continuous transcutaneous oxygen tension measured with a heated electrode.
Scand.J.Clin.Lab.Invest. 31:269 (1973).
13. HUCH,R., LÜBBERS,D.W., HUCH,A.: Reliability of transcutaneous monitoring of arterial PO_2 in newborn infants.
Arch.Dis.Childh.49:213 (1974).
14. INDYK,L.: PO_2 in the seventies.
Pediatrics 55:153 (1975)

15. INDYK, L., JAMES, L.S.: Transcutaneous measurements of arterial pO_2 in sick newborns (abstr.).
Pediat.Res. 2:366 (1975)
16. KOCH, G., WENDEL, H.: Comparison of pH, carbon dioxide tension, standard bicarbonate and oxygen tension in capillary blood and in arterial blood during the neonatal period.
Acta paediat.scand. 56:10 (1967).
17. RIEGEL, K.: Respiratorische Störungen. In: Hickl, E.J. und Riegel, K. (Hrsgb.), Angewandte Perinatalogie, München, Berlin, Wien, Urban & Schwarzenberg, 1974 p.p. 315-337.
18. ROBERTON, N.R.C., DAHLENBURG, D.W.: Ductus arteriosus shunts in the respiratory distress syndrome.
Pediat.Res. 2:149 (1969).
19. SOUTER, L., PARKER, D.: A comparison of transcutaneous and arterial pO_2 in sick neonates. In Oxygen Transport to Tissue. (Proc. 2nd International Symposium on Oxygen Transport to Tissue, Mainz, March 12th-14th, 1975) Eds.: Grote, J., Reneau, D.D., Thews, G., Plenum, New York-London-Washington-Boston, in press.
20. ROTH, G.: Transcutaneous oxygen tension measurements in newborn infants.
Pediatrics 55:232 (1975)
21. BERGGREN, S.M.: The oxygen deficit of arterial blood caused by non-ventilating parts of the lung.
Acta Physiol.Scand. 4, Suppl. 11 (1942).

IX. Anhang

Abkürzungen

pO_2	Sauerstoffpartialdruck
m/w	männlich/weiblich
Geb.Gew.	Geburtsgewicht
Unt.Gew.	Gewicht am Untersuchungstag
SS.Wo.	Schwangerschaftswochen
Unt.Alt.	Untersuchungsalter
g	Gramm
d	Tag
pCO_2 art	arterieller CO_2 -Partialdruck
pO_2 art	arterieller Sauerstoffpartialdruck
pO_2 t	transkutaner Sauerstoffpartialdruck
E.A.	Alter der Elektrode
$O_2\%$ Ink.	Sauerstoffgehalt im Inkubator

Tabelle I

Klinische Daten der untersuchten Kinder

lf. Nr.	Name	m/w	Geb. Datum	Geb. Gew. (g)	Unt. Gew. (g)	SS. Wo	Unt. Alt. (d)	Diagnose
1	Ch.	m	21.1.74	1100	1190 1190 1210 1340	28	29 29 30 39	Unreife, Apnoeanfälle
2	G.B.	w	14.2.74	1700	1470 1470 1480 1495 1495	31	6 6 7 15 15	Unreife, RDS
3	Z.	w	21.1.74	3240	3240 3240 3235	40	6 6 7	Primäre Ateminsuffizienz Multiple Geburtstraumen
4	P.M.	w	14.12.73	1950	3060	32	76	Unreife, RDS, Verdacht auf Cerebralschädigung

Lf. Nr.	Name	m/w	Geb.Datum	Geb. Gew. (g)	Unt. Gew. (g)	SS. Wo	Unt. Alt. (d)	Diagn e
5	H.D.	m	1.3.74	2980	3040 2910	36	1 3	Unreife, primäre Atem- insuffizienz
6	L.A.	m	6.3.74	1900	1900 1900 1860 1750 1750 1750 1800	31	1 1 2 5 5 6 9	Unreife
7	S.	m	5.3.74	2740	3750 2750 2750	37	2 2 2	Unreife, drohende Asphyxie
8	P.	m	12.3.74	2400	2400 2390 2390 2320	37	1/2 1 1 2	Unreife, primäre Atem- insuffizienz
9	F.	m	15.3.74	1040	940 920 920 920 925 930	30	3 3 4 4 4 5	Unreife

Lf. Nr.	Name	m/w	Geb.Datum	Geb. Gew. (g)	Unt. Gew. (g)	St. Wo	Unt. Alt. (d)	Diagnose
10	B.(II)	w	19.3.74	1300	1350	28	2	Unreife 2. Zwillling
11	B.(I)	w	19.3.74	1310	1300	28	2	Unreife 1. Zwillling
					1100		3	
					1100		15	
					1100		15	
12	Ö.(II)	w	29.3.74	1980	1900	39	3	Unreife, primäre Atem- insuffizienz
					1900		3	
					2010		4	

Tabelle II

Blutgaswerte, transkutaner pO_2 und Sauerstoffgehalt
im Inkubator.

Lf. Nr.	Blut pH	pCO_{2art}	pO_{2art}	pO_{2t}	E.A. (d)	O_2^* Ink.
1	7.350	26.45	66.62	48	1	
	7.245	29.5	180.9	52	1	
	7.42	34.50	59.9	37	2	
	7.30	28.81	100.6	34	1	
2	7.53	23.00	78.0	54	2	32
	7.51	30.48	123.8	76	2	32
	7.41	24.73	63.3	72	3	32
	7.31	23.06	99.5	24	1	
	7.32	31.05	160.5	48	1	
3	7.40	37.38	68.9	60	1	
	7.39	35.65	85.9	64	1	
	7.37	40.83	49.7	39	2	
4	7.38	59.80	49.7	50	1/4	32
5	7.39	32.78	42.2	40	2	39
	7.455	24.73	34.0	38	4	35
6	7.23	46.00	68.9	57	2	38
	7.33	48.07	124.9	62	2	25
	7.29	47.15	67.8	49	3	
	7.43	25.88	61.0	30	1/2	
	7.384	32.78	90.4	50	1/2	
	7.21	32.20	37.0	45	3/2	
	7.45	31.05	79.1	65	3/2	

Lf. Nr.	Blut pH	pCO ₂ art	pO ₂ art	pO ₂ t	E.A. (d)	O ₂ % Ink.
7	7.385	28.81	89.2	58	2	26
	7.41	26.45	57.6		2	26
	7.38	32.78	136.7	66	2	27
8	7.32	24.73	67.2	44	3/2	41
	7.46	33.35	39.0	62	5/2	36
	7.34	28.81	116.4	65	5/2	70
	7.41	33.35	44.0	44	1/2	
9	7.54	20.70	92.7	90	1/2	30
	7.44	32.78	109.6	98	1/2	27
	7.315	33.93	161.5	72	3/2	23
	7.320	33.93	54.2	46	3/2	23
	7.46	33.12	60.2	44	3/3	22
	7.57	22.93	53.1	40	5/2	30
10	7.51	33.15	62.2	56	1	68
11	7.44	36.23	145.2	120	1	23
	7.66	15.53	40.0	48	2	26
	7.43	31.63	38.0	30	1	24
12	7.35	35.31	65.6	75	3/4	
	7.48	26.83	83.1	76	1	
	7.49	31.28	60.1	43	3/2	

IX. Lebenslauf

- 4.2. 1946 geboren in München
- 1952 - 1956 Volksschule in München
- 1956 - 1959 St. Anna-Realgymnasium in München
- 1959 - 1961 Lycée de Jean J. Rousseau in Montmorency
bei Paris mit Abschluß des B.E.P.C.
- 1961 - 1964 Städtische Sprachenschule München mit
Diplom für Dolmetscher und Übersetzer
in Englisch und Spanisch
- 1964 - 1968 Fernlehrgang bei der Akademikergesell-
schaft für Erwachsenenfortbildung in
München
- Juni 1968 Abitur am Maria Theresia Gymnasium in
München
- 1968 - 1971 Studium der Biologie an der Universität
München mit Vordiplom
- seit 1971 Studium der Humanmedizin an der Univer-
sität München
- Sommer 76 Staatsexamen in München

Der experimentelle Teil der Arbeit erfolgte im März
1974, die schriftliche Ausarbeitung wurde im September
1976 abgeschlossen.

